

Schlussbericht

Logistikkonzept und Transportkostenausgleich

Zukünftige Klärschlammverwertung im Kanton Zürich ab Mitte 2015



Abbildung 1: Klärschlammtransport Werdhölzli - Hagenholz

November 2012

Auftraggeber und Herausgeberin

Stadt Zürich

ERZ Entsorgung + Recycling Zürich

Klärwerk Werdhölzli

Bändlistrasse 108

Postfach

8010 Zürich

Auftraggeber:

Peter Wiederkehr

Michael Wehrli

Auftragnehmer:

Rytec AG

Alte Bahnhofstrasse 5

Postfach 1139

3110 Münsingen

Dr. Acél & Partner AG

Aargauerstrasse 1

8048 Zürich

Projektleitung:

Urban Frei

Antje Rothbart

Logistikkonzept:

Dr. Peter Acél

Markus Bruderer



Abfalltechnologie + Energiekonzepte
Beratungen • Expertisen • Projektmanagement • Engineering

DR. ACÉL & PARTNER AG
Internationale Beratung für Logistik Management

Version	Datum	Freigabe
Entwurf_v06	26.01.2012	Auftraggeber
Schlussversion	23.02.2012	Prozessbegleitung (siehe Organigramm Seite 9)
Abnahme	30.11.2012	Lenkungsausschuss (siehe Organigramm Seite 9)



Abfalltechnologie + Energiekonzepte

DR. ACÉL & PARTNER AG
Internationale Beratung für Logistik Management

Zusammenfassung

Der Standort für die neue zentrale, kantonale Klärschlammverwertungsanlage (KSV) im Werdhölzli, Zürich, wurde u. a. unter dem Gesichtspunkt möglichst geringer Transporte ausgewählt. Die Zentralisierung an sich bewirkt jedoch einen Anstieg der Tonnenkilometer. Für die meisten ARA werden die Gesamtkosten für Entsorgung und Transport günstiger.

Zentrale kantonale Klärschlammverwertungsanlage im Werdhölzli, Zürich

Durch einen Transportkostenausgleich (TKA) werden die Unterschiede in den Transportaufwendungen, die durch die Lage der einzelnen ARA zum Werdhölzli entstehen, weitest möglich ausgeglichen. Für die Finanzierung des TKA stellt ERZ (Entsorgung & Recycling Zürich) einen Betrag von 250'000 CHF/a zur Verfügung (vorbehältlich der politischen Freigabe), weil das Klärwerk in Zukunft den eigenen Klärschlamm nicht mehr transportieren muss.

Ausgleich der Transportaufwendungen

Grundlage für die Ermittlung der Ausgleichsberechtigung sind die spezifischen Transportkosten (Franken pro Tonne Trockensubstanz - CHF/t TS) jeder ARA in einem optimalen Transportmodell. In einem ersten Schritt wurde das optimale Transportmodell ermittelt und die Transportkosten abgeschätzt. Dabei wurde auch die Möglichkeit des Bahntransports ausgeleuchtet. Die Transportkosten im optimalen Transportmodell dienen als Grundlage, um die Transportkosten der einzelnen Anlagen untereinander vergleichen zu können. Anschliessend kann ermittelt werden, wie gross die Ausgleichsberechtigung der Anlagen und somit das erforderliche Ausmass des Ausgleichs sind.

Transportkostenmodell zur Ermittlung der Unterschiede

Unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen wurden verschiedenste Varianten für das System des TKA erarbeitet, bewertet und verglichen. Aus der Beurteilung einer Vielzahl von Rechenmechanismen durch die verschiedenen Gremien im Projekt hat sich die Berechnung nach „Ausgleich auf einen Plafond“ als am besten geeignet herausgestellt. Der politische Lenkungsausschuss hat einstimmig für die Basisvariante des „Ausgleich auf einen Plafond“ gestimmt, bei welcher die Finanzierung rein aus dem Beitrag von ERZ erfolgt, ohne dass zusätzliche Beiträge anderer ARA erhoben werden müssen.

Prüfung verschiedenster Berechnungs- und Verteilmechanismen

Die in der Basisvariante auf CHF 250'000 Beitrag ERZ begrenzten Mittel werden so auf die ARA verteilt, dass höhere spezifische Transportkosten (CHF/t TS) der ARA auf einen Plafond (Maximalbetrag) gekappt werden. Unabhängig davon, ob eine ARA den Klärschlamm direkt in entwässerter Form an die neue KSV liefert oder ob sie Dritte mit der Klärschlamm Entsorgung betraut, erhält sie eine Vergütung für den rechnerischen Transportaufwand von ihrem gesamten Schlammanfall in entwässerter Form in die KSV. Der Plafond wird in einem 3-Jahresrhythmus überprüft und den (evtl. geänderten) Rahmenbedingungen angepasst. Die Ausschüttung des TKA und insbesondere der Beitrag von ERZ werden für 20 Jahre garantiert.

Resultat: Basisvariante „Ausgleich auf einen Plafond“

Das Ausgleichsmodell bewirkt, dass mit dem Beitrag von ERZ ca. 85 % der ARA nach Erhalt der Ausgleichszahlung gleichhohe spezifische Transportkosten (im optimalen Transportmodell) haben. Die restlichen Anlagen haben von vornherein geringere spezifische Transportkosten. Anders ausgedrückt müssen die ARA die Transportkosten nur bis zu einer Fahrzeit von ca. 50 Min. (Hin- und Rückfahrt gesamt) finanzieren, die Kosten für Fahrzeiten von über 50 Min. werden durch den Ausgleich abgefangen.

85 % der ARA haben gleichhohe spezifische Transportkosten, die restlichen tiefere

Die ARA-Betreiber und Inhaber wurden regelmässig durch Informationsveranstaltungen, direkten Kontakt sowie teilweise Vor-Ort-Begehungen informiert.

Laufende Information

Verzeichnis

1	Einleitung	8
1.1	Ausgangslage.....	8
1.2	Aufgabenstellung und Projektorganisation.....	8
1.3	Vorgehen.....	10
2	Logistik und Transportkostenausgleich	10
2.1	Grundlagen und Rahmenbedingungen.....	10
2.2	Ziele des Transportkostenausgleichs und Kriterien.....	11
2.3	Kostenmodell.....	12
2.3.1	Allgemeines.....	12
2.3.2	Datengrundlage.....	12
2.3.3	Annahmen.....	12
2.3.4	Transportkosten der ARA im optimalen Transportmodell.....	13
2.3.5	Aktualisierung: Intervall und Mechanismus.....	14
2.4	Variantenbildung.....	14
2.5	Auswahl des Modells für den Transportkostenausgleich.....	14
2.6	Konkrete Ausprägung der gewählten Variante.....	15
3	Information und Einbezug der ARA und bisherigen KS-Verwerter	19
3.1	Informationsveranstaltungen.....	19
3.2	Vor-Ort-Begehungen.....	20
3.2.1	Horgen-Oberrieden.....	20
3.2.2	Stäfa-Uerikon.....	20
3.2.3	Bachwis – Fällanden.....	20
3.2.4	Adliswil.....	21
3.2.5	Hirzel.....	21
3.2.6	Thalwil.....	21
3.2.7	Glattfelden.....	21
3.3	Weitere Informationen.....	21
4	Ausblick und weiteres Vorgehen	21
5	Anhang	22
5.1	Containerkonzept.....	22

5.2	Bahntransport und regionale Sammelpunkte	23
5.2.1	Bahntransport	24
5.2.2	Regionale Sammelpunkte	25
5.3	Weitere Varianten	25
5.3.1	Ausgleich auf den Wert des minimalen Aufwands	28
5.3.2	Ausgleich auf die Sockelkosten	28
5.3.3	Ausgleich auf einen Plafond	28
5.3.4	Ausgleich nach Entfernung der ARA zum Werdhölzli	28
5.3.5	Ausgleich nach jährlich anfallender Fahrzeit	28
5.3.6	Ausgleich nach jährlich anfallenden Tonnenkilometern	29
5.3.7	Ausgleich nach jährlich anfallender Fahrdistanz	29
5.4	Tarife für Kostenmodelle	29
5.4.1	Zeittarif	29
5.4.2	Distanztarif	30
5.4.3	Gemischter Tarif	30
5.4.4	Containertarif	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Klärschlammtransport Werdhölzli - Hagenholz	1
Abbildung 2: Organigramm Projekt Klärschlammverwertung Kanton Zürich – Logistik und Transportkostenausgleich.....	9
Abbildung 3: Spezifische Transportkosten (CHF/t TS) der ARA im optimalen Transportmodell.....	13
Abbildung 4: Ausgleich und verbleibende Wegekosten (CHF/t TS) nach Ausgleich auf einen Plafond.....	15
Abbildung 5: Minimum, Maximum und Spannweite der spezifischen Transportkosten im idealen Modell ohne Ausgleich	16
Abbildung 6: Minimum, Maximum und Spannweite der spezifischen Transportkosten im idealen Modell nach Ausgleich auf einen Plafond.....	16
Abbildung 7: Absoluter Ausgleich (CHF/a) je ARA bei Ausgleich auf einen Plafond (Datengrundlagen 2009).....	17
Abbildung 8: Geographische Darstellung des spezifischen Ausgleichs (CHF/t TS) je ARA bei Ausgleich auf einen Plafond	18
Abbildung 9: 5-Achs-Fahrzeug mit Abroll- und Hubhaken	23
Abbildung 10: Kombiniertes Verkehr.....	24
Abbildung 11: Transportkosten pro Tonnenkilometer in Abhängigkeit von Distanz und Gewicht	26
Abbildung 12: Ausgleichsberechtigte Kosten	27
Abbildung 13: Zur Verfügung stehende Mittel	27
Abbildung 14: Distanztarif	30
Abbildung 15: Gemischter Tarif.....	31

Glossar

- ARA** Abwasserreinigungsanlage
- AWEL** Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Kanton Zürich
- EKS** Entwässerter Klärschlamm
- ERZ** Entsorgung & Recycling Zürich
- KEZO** Zweckverband Kehrichtverwertung Zürcher Oberland
- KSV** Klärschlammverwertungsanlage
- Limeco** Interkommunale Anstalt (IKA) Limeco, Limmattal
- RBB** Regierungsratsbeschluss
- t** Tonne
- TED** Tiefbau- und Entsorgungsdepartement der Stadt Zürich
- TKA** Transportkostenausgleich
- tkm** Tonnenkilometer
- TS** Trockensubstanz
(entspricht dem Trockenrückstand, welcher durch Wägung einer Schlammprobe vor und nach dem Trocknen bei 105°C bestimmt wird.)
- USG** Umweltschutzgesetz des Bundes
- ZAV** Zürcher Abfallverwertungs-Verbund
- ZSA** Zentrale Schlammbehandlungsanlage Pfannenstiel

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Zuweisung des Klärschlammes schafft die Voraussetzungen, dass der gesamte Klärschlamm aus dem Kanton Zürich in der geplanten zentralen Klärschlammverwertungsanlage (KSV) im Klärwerk Werdhölzli, Zürich sowohl energetisch als auch wirtschaftlich optimal behandelt werden kann. Ausserdem kann der enthaltene Phosphor künftig wieder als Rohstoff genutzt werden. Das Umweltschutzgesetz des Bundes (USG) sieht dazu vor, dass die Kantone für Klärschlamm Einzugsgebiete festlegen und für einen wirtschaftlichen Betrieb der Abfallanlagen sorgen. Gemäss dem Zürcher Abfallgesetz legt der Regierungsrat nach Anhören der Gemeinden jeweils die Einzugsgebiete fest.

Was - Warum - Wer - Wie

Um Planungssicherheit für Bau und Betrieb der neuen KSV ab Mitte 2015 zu gewährleisten, muss der aktuelle Klärschlamm-Entsorgungsplan mit einem Regierungsratsbeschluss (RRB) schon heute angepasst werden. Der Entwurf des neuen Entsorgungsplans wurde allen Städten und Gemeinden sowie den Zweckverbänden im Oktober 2010 zur Stellungnahme vorgelegt.

Zuweisung des Klärschlammes durch RRB

Der Rücklauf war gross und die Antworten zeigten überwiegend Zustimmung. Fragen und Vorbehalte wurden mit den betroffenen Verbänden, Städten und Gemeinden auf Wunsch im persönlichen Gespräch oder an Informationsveranstaltungen diskutiert und geklärt. Zusätzlich wurde Anfang 2011 eine Informationsbroschüre mit gesammelten Antworten auf die Fragen und Vorbehalte an die ARA-Inhaber verschickt. Im Laufe der Vernehmlassung erfuhr der Zuweisungsbeschluss einige Präzisierungen, jedoch keine grundlegenden Änderungen.

Vernehmlassung hat weitere Verfeinerungen gebracht

Am 31.08.2011 wurde die Zuweisung vom Regierungsrat beschlossen (RRB Nr. 1035/2011 „Kantonaler Klärschlamm-Entsorgungsplan 2015 (Festsetzung)“).

1.2 Aufgabenstellung und Projektorganisation

Der Standort für die neue KSV wurde auch unter dem Gesichtspunkt möglichst geringer Transporte ausgewählt. Für den gewählten Standort Werdhölzli resultiert im Vergleich zu den anderen vier potentiellen Standorten das geringste Transportaufkommen. Die Zentralisierung an sich bewirkt jedoch einen Anstieg der totalen Tonnenkilometer im gesamten Kanton.

Zukünftige zentrale KSV im Werdhölzli

Durch eine gezielte Unterstützung aller zukünftigen Anlieferer der KSV sollen die Transporte soweit optimiert werden, dass diese erhöhte Fahrleistung sowohl auf der ökologischen wie auch auf der Kostenseite möglichst gut kompensiert werden kann. Für die meisten ARA werden die Gesamtkosten für Entsorgung und Transport günstiger. Ein Transportkostenausgleich soll die rein geographisch bedingten Unterschiede abfedern.

Unterschiedliche Transportaufwendungen

Bei der Ermittlung des bestgeeigneten Modells für den TKA sollten neben verschiedenen Modellen für den Ausgleich jeweils auch die Kombination mit unterschiedlichen Möglichkeiten der Finanzierung untersucht werden. Die Finanzierung kann rein durch den Betrag, den ERZ zur Verfügung stellt, erfolgen, oder aber die zur Verfügung stehenden Mittel werden durch einen (Solidaritäts-) Beitrag anderer ARA ergänzt bzw. erhöht.

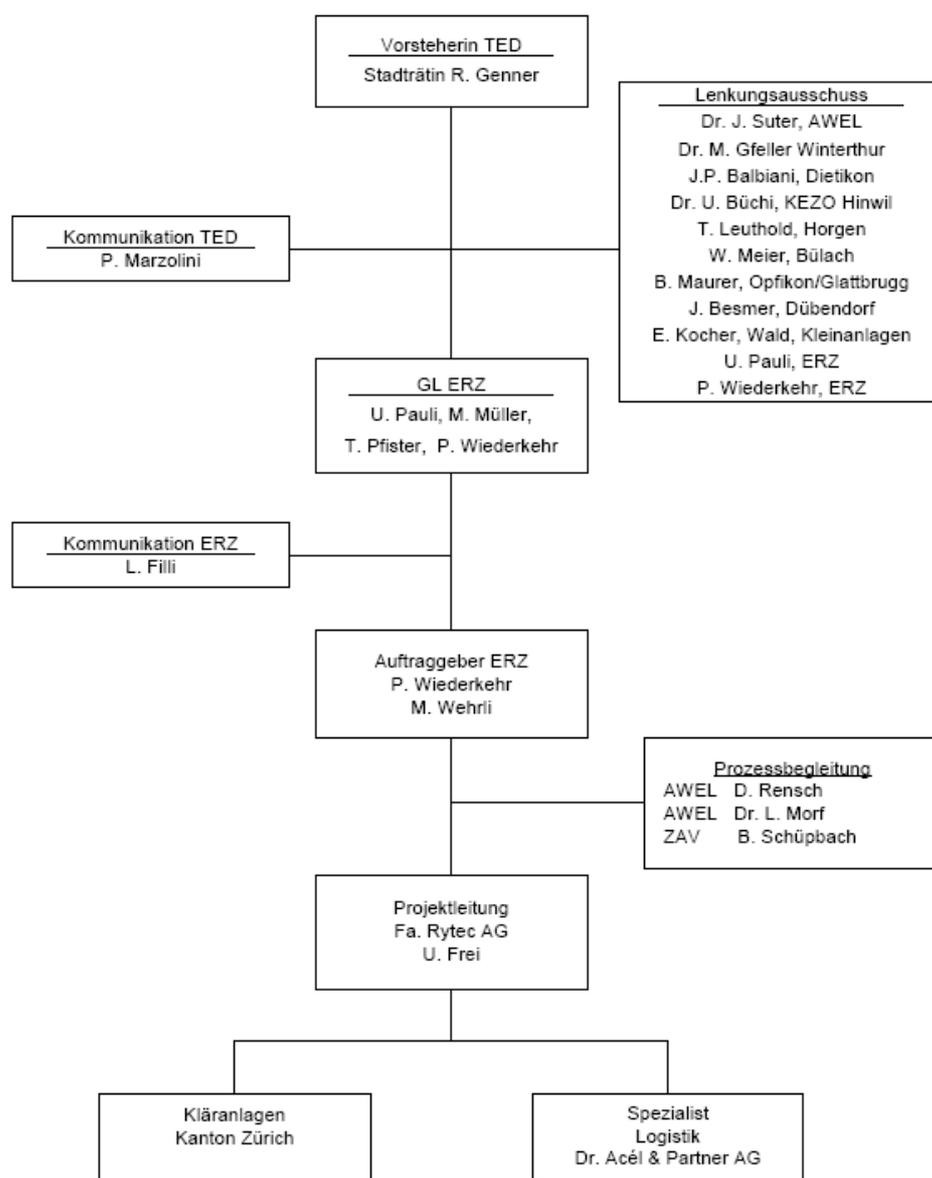
Möglichkeiten der Finanzierung des TKA

Da die Logistik ein wichtiges Element der zukünftigen Klärschlammverwertung im Kanton Zürich sein wird, hat ERZ auf Wunsch des AWEL ein separates Projekt mit externen Beratern und Logistikexperten gestartet. Auch in diesem Projekt gibt es ein technisches und ein politisches Begleitgremium zur Sicherstellung der Interessenswahrung (Projektorganisation siehe Abbildung 2).



Klärschlammverwertung Kanton Zürich Logistik und Transportkostenausgleich

ZH, 17.02.2012



ERZ Entsorgung + Recycling Zürich
Eine Dienstabteilung des Tiefbau- und Entsorgungsdepartements

Abbildung 2: Organigramm Projekt Klärschlammverwertung Kanton Zürich – Logistik und Transportkostenausgleich

1.3 Vorgehen

Um die Unterschiede in den Transportaufwendungen der ARA ausgleichen zu können, müssen diese bekannt sein. Hierfür dürfen nicht die zukünftig tatsächlichen Transportaufwendungen der ARA betrachtet werden, da die Transportsysteme der einzelnen ARA unterschiedlich stark optimiert sein werden. Ein TKA, dessen Berechnung auf zum Teil unwirtschaftlichen Systemen basiert, würde Ineffizienzen unterstützen.

Unterschiede kennen

Deshalb wurde zuerst ein optimales Transportmodell für den gesamten Klärschlammtransport im Kanton Zürich entwickelt und aus diesem die theoretischen, optimalen Transportkosten der einzelnen ARA abgeleitet. Diese spezifischen Transportkosten im optimalen Transportmodell sind die Grundlage für die Ausgleichsberechtigung und letztlich die Höhe des Transportkostenausgleichs (siehe auch 2.3 Kostenmodell).

Optimales Transportkostenmodell als Grundlage

Anschliessend wurde eine Vielzahl an möglichen Varianten für ein Transportkostenausgleichsmodell durch die Projektbearbeiter aufgelistet, angedacht, durchgerechnet und beurteilt. In den verschiedenen Gremien mit dem Auftraggeber und der Projektbegleitung wurden die Varianten bewertet und verglichen. Die Entscheidung für die gewählte Variante wurde letztlich im politischen Lenkungsausschuss getroffen (siehe auch 2.4 Variantenbildung und 2.5 Auswahl des Modells für den Transportkostenausgleich).

Auswahl der Variante

2 Logistik und Transportkostenausgleich

2.1 Grundlagen und Rahmenbedingungen

Für die Bemessung des TKA wird nicht berücksichtigt, welche Transportaufwendungen eine ARA im bisherigen Entsorgungssystem hatte oder ob sie den Klärschlamm bisher auf dem eigenen Gelände verwertet hat.

Der Ist-Zustand wird nicht berücksichtigt.

Der TKA bleibt unabhängig davon, ob die ARA den zu entsorgenden Klärschlamm in Zukunft tatsächlich direkt in die zentrale KSV transportiert oder z. B. zur Entwässerung zu einer anderen ARA transportiert, von wo aus er dann zur KSV weitergeleitet wird. Es wird lediglich betrachtet, wo die ARA sich in Bezug auf die zentrale KSV befindet und davon ausgegangen, dass sie den zu entsorgenden Klärschlamm als entwässerten Klärschlamm direkt dorthin transportiert.

Annahme, dass jede ARA direkt zur KSV transportiert.

Die Auslagerung von Faulung, Entwässerung etc. werden für den TKA nicht berücksichtigt, da dies individuelle Optimierungsentscheide der ARA sind. Es ist davon auszugehen, dass dies für die ARA wirtschaftlicher ist als die Aufgaben selbst durchzuführen.

Extern erfolgende Behandlungsschritte werden nicht berücksichtigt.

Bemessungsgrundlage für den TKA sind die jährliche Menge an Klärschlamm (t TS) der ARA sowie die spezifischen Transportkosten jeder ARA (CHF/t TS) im optimalen Transportmodell.

Tonnen TS pro Jahr jeder ARA

Die Abrechnung der Klärschlammverwertung in der KSV (Einlieferungstarif an der Waage) und der TKA sind voneinander unabhängig. Für die Verwertung des Klärschlammes zahlen alle Anlieferer einen einheitlichen Preis pro Tonne Klärschlamm, der sich aus der Kostenrechnung der KSV ergibt. Der TKA wird auf einer separaten Rechnung und unabhängig von der KSV geführt.

Separate Rechnung für Entsorgung und TKA

Für die Grundfinanzierung für einen (teilweisen) TKA ist bereits seit Anfang des Projekts vorgesehen, dass ERZ einen namhaften Sockelbeitrag von 250'000 CHF/a in den Ausgleichsfonds einbringen wird (vorbehältlich der politischen Freigabe). Dies entspricht den eingesparten Transportaufwendungen von ERZ aufgrund des Standorts der KSV im Werdhölzli. Von diesem Ausgleichsfonds werden jeweils 10 % als Reserve zurückbehalten, um bei der Auszahlung des TKA auf unerwartete Mengenschwankungen oder andere Sonderfälle reagieren zu können.

**Grundfinanzierung
durch ERZ**

10% Reserve

Weiter gelten folgende Grundsätze:

Grundsätze

- Die Auswahl und Beschaffung bzw. Organisation der Gebinde sind Aufgabe jeder ARA selbst.
- Das Füllen der Gebinde und der Transport des entwässerten Klärschlammes werden von jeder ARA / Zweckverband individuell organisiert und vergeben.
- Es sollen grundsätzlich auf den ARA keine zusätzlichen baulichen Massnahmen zur Lagerung des Schlammes erforderlich werden und sich deshalb an den Anforderungen an die Anlagen im Vergleich zum Ist-Zustand nichts ändern.
- Die Anlieferungen ins Werdhölzli werden von einer zentralen Stelle bei der KSV koordiniert.

2.2 Ziele des Transportkostenausgleichs und Kriterien

Die Suche nach dem optimalen Modell für den TKA erfolgte mit den folgenden Zielsetzungen:

Zielsetzung

- Die Unterschiede in den Transportaufwendungen der einzelnen ARA sollen möglichst weit ausgeglichen werden und
- möglichst viele ARA sollen eine Ausgleichszahlung erhalten.
- Das System für den Transportkostenausgleich soll fair sein,
- die gefühlte Distanz zur KSV ausgleichen und gleichzeitig
- plausibel und einfach erklärbar sein und
- somit eine möglichst durchgehende Akzeptanz erreichen.
- Weiter soll es bei evtl. veränderter Datengrundlage robust und möglichst komplikationslos anpassbar sein.
- Mit dem TKA sollen Anreize zur Optimierung der Klärschlammlogistik und -verwertung sowie
- zur langfristigen Minimierung der Transporte gesetzt werden.

Ungleichheiten können durch den TKA sicher nicht gänzlich vermieden werden, sollen aber so gering wie möglich gehalten werden.

Um die unterschiedlichen Varianten bewerten und vergleichen zu können, wurden die folgenden Kriterien herangezogen:

Kriterien für die Beurteilung der Varianten

- Spannweite der neuen spezifischen Transportkosten aller ARA nach dem Ausgleich
- Beurteilung der Höhe des administrativen Aufwands der Variante
- Anzahl der ARA, die vom TKA profitieren würden
- Anzahl der ARA, die einen Solidaritätsbeitrag zu leisten hätten (bei Varianten mit Solidaritätsbeiträgen weiterer ARA zusätzlich zum Beitrag von ERZ)
- Erreichen der Zielsetzung, dass Anreize zur Optimierung gesetzt werden

- Beurteilung, ob die Variante einfach erklärbar und plausibel ist
- einfache Anpassbarkeit des Systems bei Änderungen der zugrundeliegenden Daten
- Beurteilung, ob durch den TKA neue Ungerechtigkeiten entstehen (können)

2.3 Kostenmodell

2.3.1 Allgemeines

Wie oben beschrieben (siehe 1.3 Vorgehen), ist für die Vergleichbarkeit der Transportkosten der einzelnen ARA untereinander ein optimales Transportmodell sowie ein Modell für die Kosten im optimalen Transportmodell erforderlich.

Im Kostenmodell für die Transportkosten werden nicht nur die Kosten für den reinen Transport (=Wegekosten) berücksichtigt, sondern die gesamten Systemkosten inkl. der sogenannten Sockelkosten. Die Sockelkosten beinhalten die Hinfahrt des Transporteurs zur ARA, das Aufladen der vollen Mulde, das Entleeren der Mulde bei der KSV im Werdhölzli, das Abladen der leeren Mulde auf der ARA und die Rückfahrt des Transporteurs von der ARA. Die Wegekosten entstehen aufgrund der reinen Fahrt von der ARA zur KSV im Werdhölzli und die Rückfahrt zurück zur ARA, um die leere Mulde zurückzubringen.

Eine Bündelung der Transporte bzw. Umlad von Kleinmengen an Sammelpunkten ist bei den vorliegenden kurzen Distanzen nicht rentabel.

Die Möglichkeit des Transports per Bahn wurde ebenfalls geprüft und als nicht realisierbar bzw. unrentabel eingeschätzt (siehe Anhang 5.2 Bahntransport und regionale Sammelpunkte).

2.3.2 Datengrundlage

Klärschlammanfall:

Für den ersten Modelllauf wurden die AWEL-Daten mit den Tonnen Trockensubstanz pro ARA der Jahre 2008 und 2009 herangezogen. Diese Daten werden bereits heute routinemässig von den ARA-Betreibern erhoben und jährlich an das AWEL eingesandt, wodurch keine zusätzlichen Messungen erforderlich sind. Der berücksichtigte mittlere TS-Gehalt nach Entwässerung von 28 % TS stammt ebenfalls aus den Erhebungen des AWEL.

Fahrzeiten:

Für die Fahrzeiten zwischen den einzelnen ARA und dem Werdhölzli wurde auf das Verkehrsmodell des Kanton Zürich (Studie Jenni + Gottardi für die Standortstudien) und bei fehlenden Angaben auf einen Routenplaner (Google) zurückgegriffen.

2.3.3 Annahmen

Weiter wurden für das Kostenmodell folgende Annahmen getroffen:

Transportiert wird entwässerter Klärschlamm mit einem TS-Gehalt von 28 % in grösstmöglichen Gebinden. Für die Ausnutzung der maximalen Nutzlast eines LKW (Hakenfahrzeug) werden pro Fahrt 20 t EKS (□ ca. 30 m³) transportiert (siehe auch 5.1 Containerkonzept im Anhang).

**Transportkosten =
Sockelkosten + Wegekosten**

Jahresmengen TS

Fahrzeiten

Containerkonzept

Für jede Fahrt fallen (im Modell fixierte) Sockelkosten für eine totale Dauer von 40 Min. an (15 Min. davon für die Hinfahrt vom Transporteur zur ARA und das Aufladen der Mulde, für das Entleeren der Mulde im Werdhölzli 10 Min. sowie für das Abladen und die Rückfahrt von der ARA zum Transporteur 15 Min.).

Sockelkosten

Variabel sind die Wegekosten für die Fahrt von der jeweiligen ARA zum Werdhölzli und die Rückfahrt mit der leeren Mulde zurück zur ARA. Hierfür wird die Fahrzeit gemäss kantonalem Verkehrsmodell bzw. Routenplaner zugrunde gelegt.

Wegekosten

Die Berechnung der Kosten erfolgt mit einem einheitlichen Zeittarif für Transportkosten von 250 CHF/h für LKW inkl. Fahrer. (Weitere branchenübliche Kosten-/Tarifmodelle siehe 5.4 Tarife für Kostenmodelle im Anhang)

Zeittarif

2.3.4 Transportkosten der ARA im optimalen Transportmodell

Somit ergeben sich grundsätzlich Sockelkosten von CHF 167 pro Fahrt und somit pro Tonne entwässerter Klärschlamm 8.30 CHF/t EKS bzw. pro Tonne Trockensubstanz 29.80 bzw. rund 30 CHF/t TS.

Die Wegekosten variieren zwischen 18 und 75 CHF/t TS für Fahrzeiten von 24 bis 100 Minuten (Hin- und Rückfahrt gesamt).

Die spezifischen Transportkosten der ARA im Kanton Zürich variieren von 48 bis 105 CHF/t TS (im idealen Modell), siehe auch Abbildung 3.

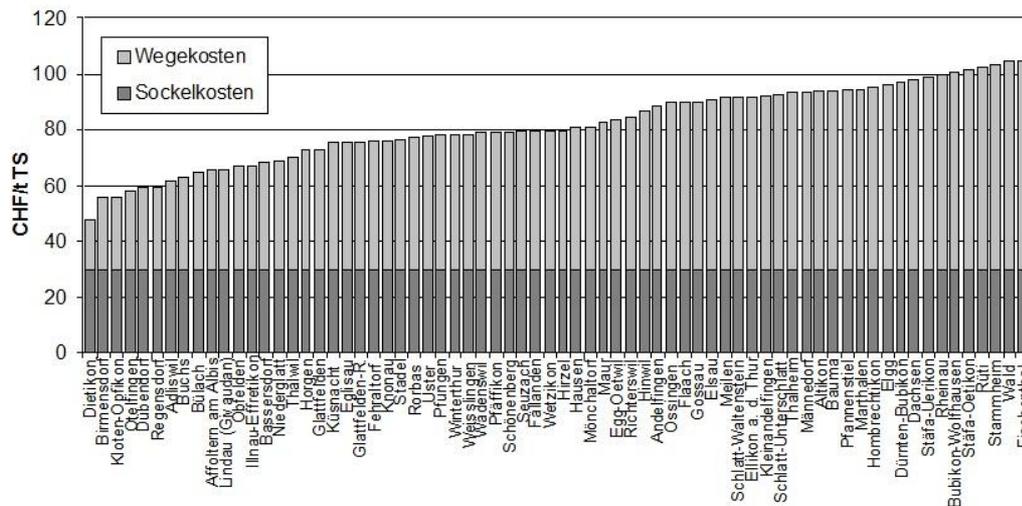
**Spezifische Kosten**

Abbildung 3: Spezifische Transportkosten (CHF/t TS) der ARA im optimalen Transportmodell

Unabhängig vom ausgeschütteten Ausgleich besteht für die ARA weiteres Optimierungspotential um die effektiven Kosten senken zu können:

Optimierungspotential

- Verbesserung der Entwässerungsleistung (bei höherem TS-Gehalt müssen weniger Tonnen (Wasser) transportiert werden)
- Optimierte, evtl. regional gebündelte, gemeinsame Ausschreibung der Transporte und/oder Gebinde (durch Mengeneffekte sind bessere Preise zu erwarten)

- Einsatz von Wechselgebinden um die Anzahl an Fahrten (mit leeren Gebinden) zu minimieren

2.3.5 Aktualisierung: Intervall und Mechanismus

Nach Inbetriebnahme der neuen zentralen Klärschlammverwertungsanlage (2015) und damit vor der ersten Auszahlung des TKA werden die Datengrundlagen nach der folgenden Mechanik aktualisiert:

Die AWEL-Daten bezüglich Klärschlamm-mengen (siehe auch 2.3.2 Datengrundlage) der letzten drei Jahre werden gemittelt und so ein durchschnittlicher jährlicher Klärschlamm-anfall je ARA berechnet. Das Verkehrsmodell des Kantons Zürich wird erneut angewendet, um die theoretischen Fahrzeiten im optimalen Transportmodell zu ermitteln.

Anhand der Mengen und Modell-Transportkosten der ARA wird berechnet, wieviel Transportkostenausgleich jeweils jeder ARA pro Tonne TS zusteht. Dieser Wert (CHF/t TS) wird für die nächsten 3 Jahre festgelegt und der TKA den ARA jährlich aufgrund der tatsächlich angefallenen Klärschlamm-menge (t TS gemäss jährlicher AWEL-Erhebung) ausbezahlt.

ERZ wird alle 3 Jahre (evtl. früher bei dringendem Anpassungsbedarf) den TKA neu berechnen und für die nächsten 3 Jahre festlegen. Somit ist der TKA für die ARA budgetierbar.

**Festlegung TKA für
3 Jahre**

2.4 Variantenbildung

Zu Beginn der Arbeiten wurden die theoretisch möglichen Modelle für einen TKA ermittelt. Hierzu wurde sowohl systematisch vorgegangen, als auch die Methode eines Brainstormings genutzt, um möglichst alle Ansätze und Blickwinkel abzudecken. Es wurden die Möglichkeiten aufgelistet, den Transportaufwand der ARA zu quantifizieren (Distanz, Fahrzeit etc.). Weiter wurden die möglichen Ausgleichsmechanismen ermittelt (z. B. Ausgleich auf einen Schwellenwert, Ausgleich auf ein Minimum etc.). Anschliessend konnte über Kombinationen eine Vielzahl an Modellen für einen TKA gebildet und beurteilt werden. Ausserdem wurden jeweils verschiedene Finanzierungsmöglichkeiten, rein mit dem Beitrag von ERZ bzw. mit Erhöhung der zur Verfügung stehenden Mittel durch Solidaritätsbeiträge weiterer ARA, untersucht (Details siehe Anhang 5.3 Weitere Varianten).

2.5 Auswahl des Modells für den Transportkostenausgleich

Im Laufe des Projekts wurden die Zwischenergebnisse immer wieder mit dem Auftraggeber ERZ und der Projektbegleitung diskutiert und zwischenbewertet. Die diskutierten Punkte und Entscheidungen dieser Zwischenbesprechungen wurden jeweils in die Weitererarbeitung des TKA einbezogen und die Modelle weiterentwickelt (Übersicht über alle untersuchten Varianten siehe ebenfalls Anhang 5.3 Weitere Varianten).

**Bewertung und
Entscheid in den ver-
schiedenen Gremien**

Nach der positiven Beurteilung durch die Prozessbegleitung konnten letztendlich dem politischen Lenkungsausschuss zwei geeignete Varianten für den TKA zur Entscheidung vorgestellt werden. Der politische Lenkungsausschuss hat

sich einstimmig für die sog. „Basisvariante“ des „Ausgleich auf einen Plafond“ ausgesprochen. Hierbei erfolgt die Finanzierung rein aus dem Beitrag von ERZ, ohne dass zusätzliche Beiträge anderer Anlagen erhoben werden müssen.

2.6 Konkrete Ausprägung der gewählten Variante

Durch die neue zentrale KSV entstehen unterschiedliche Transportkosten pro Tonne TS von CHF 48 - 105 (im idealen Modell, vgl. Abbildung 3 und Abbildung 4). Ziel ist es, diese Ungleichheiten mit den zur Verfügung stehenden Mitteln (CHF 225'000) zu minimieren.

Die Unterschiede zwischen den ARA werden schrittweise ausgeglichen. Begonnen wird mit den ARA, welche die höchsten Transportkosten im idealen Modell haben. Beim „Ausgleich auf einen Plafond“ wird für die ARA mit den höchsten spezifischen Transportkosten (CHF/t TS) ein erster Ausgleichsanteil ermittelt, damit ihre Kosten auf die Kosten der ARA mit den nächst geringeren spezifischen Transportkosten gesenkt werden. Anschliessend wird für alle ARA mit den nun höchsten spezifischen Transportkosten wiederum ein Ausgleichsanteil ermittelt, damit ihre Kosten auf die Kosten der ARA mit den wiederum nächst geringeren spezifischen Transportkosten gesenkt werden. Dies wird solange weitergeführt, bis das Geld aus dem Ausgleichstopf aufgebraucht und der gesamte Ausgleich für jede ARA bekannt ist.

Aus der nachfolgenden Abbildung 4 werden die ausgeglichenen bzw. verbleibenden Wegekosten und der Plafond ersichtlich. (Die Summe der grünen Balken multipliziert mit der Tonnage der jeweiligen ARA entspricht den verteilten 225'000 CHF/a.)

**Ausgleichs-
mechanismus**

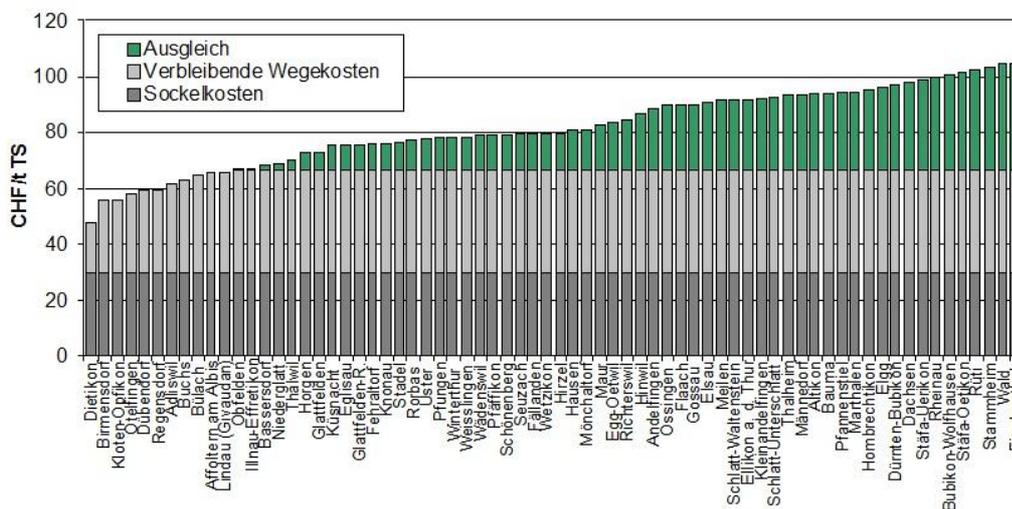


Abbildung 4: Ausgleich und verbleibende Wegekosten (CHF/t TS) nach Ausgleich auf einen Plafond

Der Plafond, auf den bei den jetzigen Planungsgrundlagen und mit den zur Verfügung stehenden Mitteln ausgeglichen werden kann, liegt bei 66 CHF/t TS.

**Verbleibende Kosten
(im optimalen Modell)**

Dies bedeutet, dass nach dem Ausgleich für die ARA maximal spezifische Transportkosten von 66 CHF/t TS (im idealen Modell) verbleiben. Die ARA, die keinen Ausgleich erhalten, haben geringere spezifische Transportkosten als 66 CHF/t TS.

Es kann somit erreicht werden, dass 59 von 70 ARA anschliessend gleich hohe spezifische Transportkosten (CHF/t TS) haben (im idealen Modell, Planungsgrundlagen Daten 2009).

Die Spannweite der spezifischen Transportkosten im idealen Modell verringert sich mit diesem TKA von CHF 57 auf nur noch CHF 18 (siehe nachfolgende Abbildung 5 und Abbildung 6).

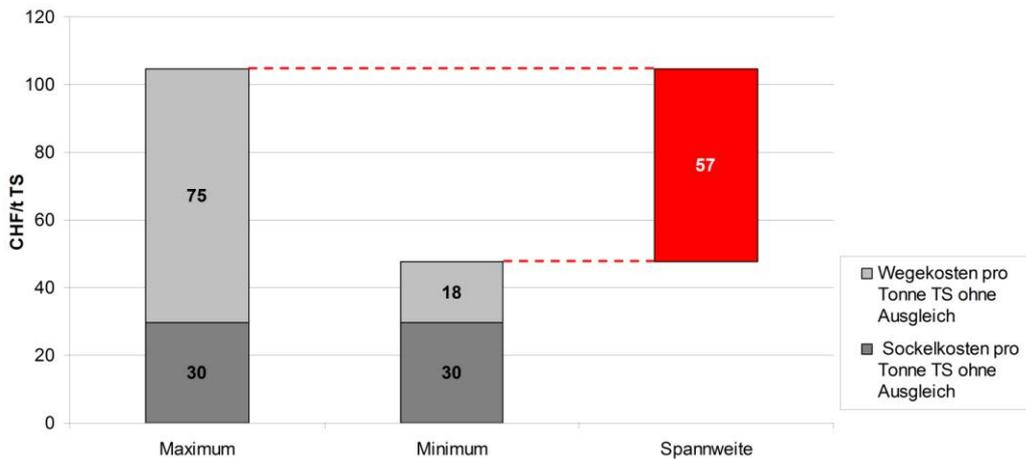


Abbildung 5: Minimum, Maximum und Spannweite der spezifischen Transportkosten im idealen Modell ohne Ausgleich

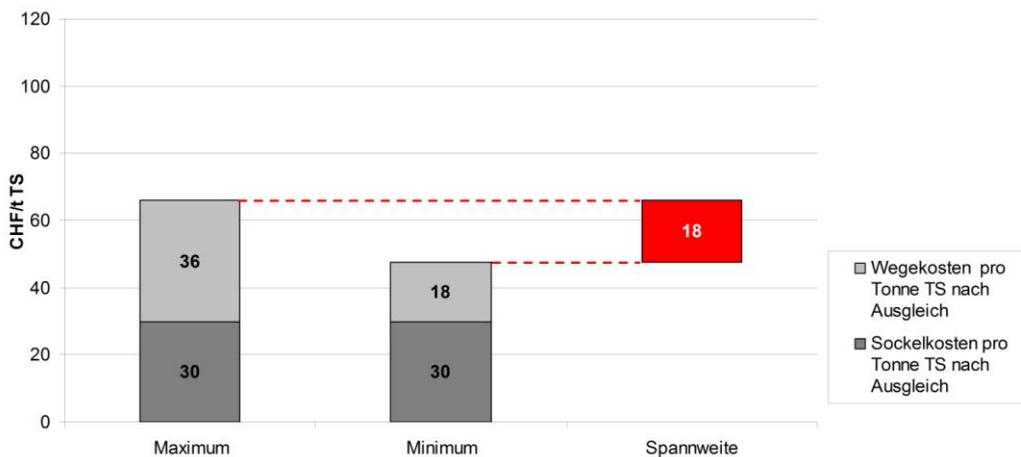


Abbildung 6: Minimum, Maximum und Spannweite der spezifischen Transportkosten im idealen Modell nach Ausgleich auf einen Plafond

Der absolute Ausgleich der ARA pro Jahr ermittelt sich aus der Menge an Klärschlamm und dem spezifischen Ausgleich pro Tonne TS. In der folgenden Abbildung 7 ist der absolute Ausgleich (CHF/a) für jede ARA (Datengrundlagen 2009) ersichtlich.

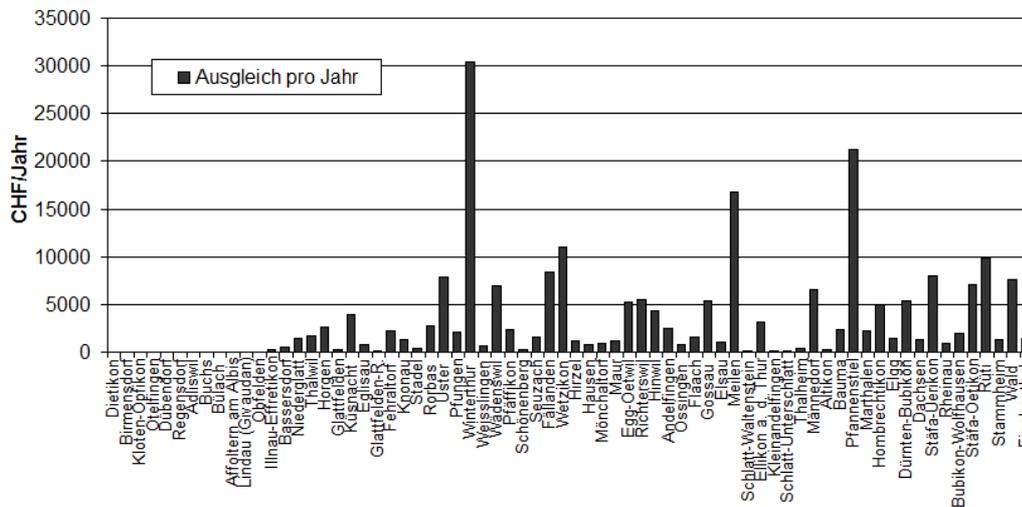


Abbildung 7: Absoluter Ausgleich (CHF/a) je ARA bei Ausgleich auf einen Plafond (Datengrundlagen 2009)

Durch den Ausgleich werden die Transportkosten der ARA um bis zu 37 % gesenkt.

Als **Nachteile** werden beim „Ausgleich auf einen Plafond“ folgende Punkte bewertet:

Nachteile

- Nicht alle ARA können auf das selbe Niveau (Transportkosten pro Tonne TS) gesenkt werden.
- Der Plafond ist abhängig von den anfallenden Mengen und kann sich bei den regelmässigen Neuberechnungen verschieben.

Allerdings überwiegen die **Vorteile** der gewählten Variante und der „Ausgleich auf einen Plafond“ wurde als die beste Variante für den TKA ermittelt.

Vorteile

- Die ARA mit dem grössten Aufwand pro Tonne TS erhält den grössten Ausgleich pro Tonne TS.
- Die Spannweite der spezifischen Transportkosten pro Tonne TS nach dem Ausgleich ist nur noch gering.
- Der administrative Aufwand für die Berechnung und Auszahlung des TKA ist sehr gering.
- Fixe Entschädigung während drei Jahren.

Die Höhe des spezifischen TKA (CHF/t TS) für jede ARA kann auch der nachfolgenden geographischen Darstellung (Abbildung 8) entnommen werden. Es wird ersichtlich, dass das System nachvollziehbar und plausibel ist.

Klärschlammlogistik Kanton Zürich – Effekt Transportkostenausgleich

Ausgleich auf einen Plafond

Blasengrösse = Ausgleich in CHF/tTS (gerundet)

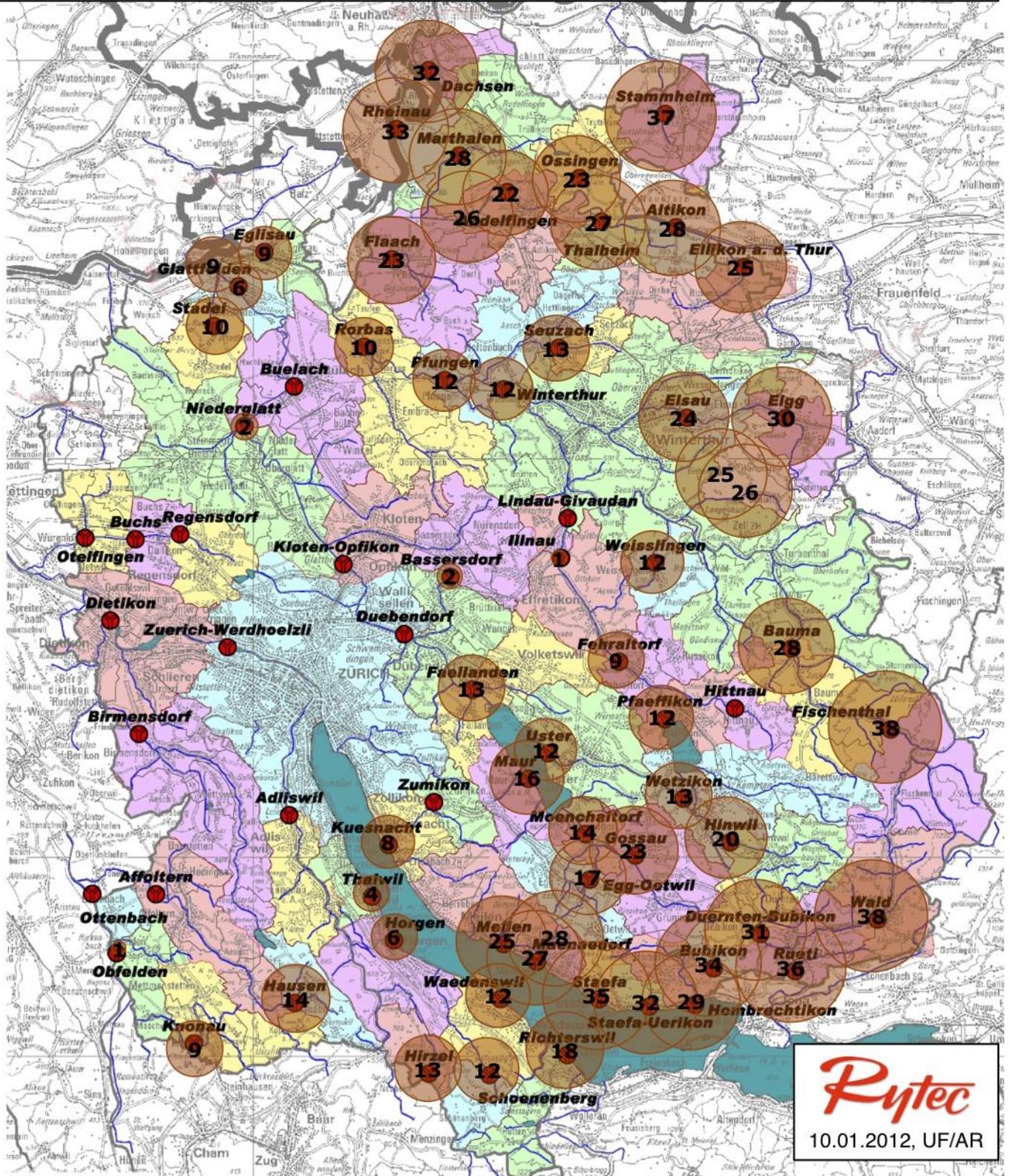


Abbildung 8: Geographische Darstellung des spezifischen Ausgleichs (CHF/t TS) je ARA bei Ausgleich auf einen Plafond

Insgesamt können mit dem „Ausgleich auf einen Plafond“ sämtliche Zielsetzungen erreicht werden.

Mit dieser Variante:

- werden die Unterschiede in den Transportaufwendungen der ARA sehr weit ausgeglichen.
- erhalten ca. 59 von 70 ARA einen Ausgleich.
- wird die gefühlte Distanz weitgehend ausgeglichen (siehe Kartendarstellung Abbildung 8).
- ist das System plausibel und einfach zu erklären.
- sind die notwendigen Anpassungen bei Neuberechnung wenig aufwendig, da der administrative Aufwand insgesamt gering ausfällt.
- werden Anreize zur Optimierung gesetzt (höherer Entwässerungsgrad, grössere Gebinde = weniger Transporte).

Erreichen der Zielsetzung

Mit diesem Modell für den TKA kann erreicht werden, dass mit dem Beitrag von ERZ ca. 85 % der ARA nach Erhalt der Ausgleichszahlung gleichhohe spezifische Transportkosten (im optimalen Transportmodell) haben. Die restlichen Anlagen haben von vornherein geringere spezifische Transportkosten. Anders ausgedrückt müssen die ARA die Transportkosten nur bis zu einer Fahrzeit von ca. 50 Min. (Hin- und Rückfahrt gesamt) finanzieren, die Kosten für Fahrzeiten von über 50 Min. werden durch den Ausgleich abgefangen.

3 Information und Einbezug der ARA und bisherigen KS-Verwerter

In Informationsveranstaltungen und im direkten Kontakt sind Informationen über die Zielsetzung und eventuelle Hindernisse sehr direkt zwischen dem Projektteam, dem AWEL und den ARA-Betreibern und -Inhabern geflossen. Weiter haben Vor-Ort-Begehungen auf Anlagen, die spezifische Fragen hinsichtlich der zukünftigen Logistik hatten, stattgefunden.

3.1 Informationsveranstaltungen

Die Informationsveranstaltungen für die ARA-Inhaber und -Betreiber wurden insgesamt fünfmal durchgeführt:

- | | |
|------------------------|--------------|
| • Limeco Dietikon | 02. Mai 2011 |
| • KEZO Hinwil und ZSA | 05. Mai 2011 |
| • ARA Hard, Winterthur | 09. Mai 2011 |
| • Bezirk Horgen | 11. Mai 2011 |
| • ARA Furt, Bülach | 19. Mai 2011 |

Es wurde über den damaligen Stand des Projekts informiert:

- Information zur Vernehmlassung Klärschlamm Entsorgungsplanung (AWEL)
- Erwartungen und Begleitung des Logistikkonzepts seitens des Kantons (AWEL)
- Klärschlammverwertungsanlage KSV (ERZ)
- Stand der Überlegungen zu Logistikkonzept und Transportkosten (Rytec AG)
- Möglichkeiten für den Transport von Klärschlamm auf Strasse oder Schiene (Dr. Acél & Partner AG)
- Präsentation der zukünftigen Rolle des heutigen Entsorgungs-Standortes in der Schlammverwertung ab 2015 (teilweise, jeweiliger Standortvertreter)
- Weiteres (Anlaufstelle für Fragen der ARA, Feedback-Formular, Diskussionsrunde)
- Weiteres Vorgehen (ERZ)

Die Präsentationen können unter www.klaerschlam.zh.ch abgerufen werden.

3.2 Vor-Ort-Begehungen

Im Rahmen des Feedbackbogens zu den Informationsveranstaltungen haben sieben ARA um eine Vor-Ort-Begehung zur Erstberatung und Ermittlung von weiterem Abklärungsbedarf gebeten.

Bei den Begehungen wurde geklärt, ob und wie auf die langfristig angestrebten, optimalen Gebinde gemäss Logistikkonzept umgestellt werden kann.

Es wurde jeweils der Ist-Zustand des Klärschlammaustrages und der Transportgebände aufgenommen und mögliche Anpassungen ermittelt, um grössere Gebinde zu nutzen.

3.2.1 Horgen-Oberrieden

Es wurde festgestellt, dass relativ einfach von 3 x 10 m³-Mulden auf 2 x 28 m³-Mulden umgerüstet werden kann. Möglichkeiten zum Pooling der Transporte mit anderen ARA sind durch die ARA selber im Verbund zu klären.

3.2.2 Stäfa-Uerikon

Aufgrund der Lage der ARA bestehen praktisch keinerlei Möglichkeiten, baulich oder organisatorisch etwas anzupassen (1 x 15 m³-Mulde vorhanden). Abklärungen, ob Umlad des Klärschlammes z. B. in Meilen oder bei der ZSA wirtschaftlicher ist als ein Direkttransport zur KSV, erfolgen durch die ARA selber.

3.2.3 Bachwis – Fällanden

Auf der ARA sind bereits 2 x 20 m³-Mulden vorhanden. Ein Umbau, um auch in der Höhe die grösstmöglichen Muldenmasse zu nutzen, ist nur relativ schwierig umsetzbar. Dahingehende Wirtschaftlichkeitsabklärungen erfolgen durch die ARA selber.

3.2.4 Adliswil

Es sind 3 x 10 m³-Mulden und ein Muldenbahnhof vorhanden. Die Zufahrt zur ARA ist auf max. 28 t und nicht zu lange LKW beschränkt (2 Brücken max. 28 t sowie ein Bahnübergang kurz vor der Einmündung in die Hauptstrasse), ein Umbau ist nicht möglich. Bei Ersatz der Mulden kann auf 12 m³-Mulden umgestellt werden. Abklärungen, ob ein Umlad in grössere Gebinde (z. B. im Rahmen des Zweckverband) wirtschaftlicher ist als ein Direkttransport, erfolgen durch die ARA selber.

3.2.5 Hirzel

Es bestehen sehr enge Zufahrtsverhältnisse, wenig Rangierplatz und kein zusätzlicher Platz im Muldenraum (1 x 10 m³-Mulde vorhanden), es sind praktisch keine baulichen Änderungen möglich. Abklärungen, ob ein Umlad in grössere Gebinde (z. B. im Rahmen des Zweckverband) wirtschaftlicher ist als ein Direkttransport bzw. über einen möglichen Zusammenschluss für die Beauftragung eines Transporteurs erfolgen durch die ARA selber.

3.2.6 Thalwil

In der ARA Thalwil kann auf grössere Mulden (ca. 30 m³) umgestellt werden. Abklärungen über einen möglichen Zusammenschluss für die Beauftragung eines Transporteurs erfolgen durch die ARA selber. Es besteht das Interesse, gemeinsam mit anderen ARA grosse Gebinde zu bestellen, um günstigere Preise zu erreichen. Die Frage nach einer Pflicht zur Abdeckung der Mulden ist aufgekommen.

3.2.7 Glattfelden

Herr Hangartner (früher ARA Bülach, in einer früheren Projektphase beteiligt) hat zum Zeitpunkt der Begehung Herrn Baumann (ARA Glattfelden) vertreten und sieht keinen Klärungsbedarf. Die ARA Glattfelden wird weiterhin nach Bülach zur Entwässerung transportieren.

3.3 Weitere Informationen

Weitere Informationen finden sich in den inzwischen drei Klärschlamm-Agenden (2009 – 2011) und in einem laufend aktualisierten Frage-Antwort-Katalog, welche ebenfalls alle auf www.klaerschlamm.zh.ch zu finden sind.

4 Ausblick und weiteres Vorgehen

Der Entscheid des Stadtrat Zürich zum Modell für den Transportkostenausgleich wird im März/April 2012 erwartet.

Mit dem Entscheid des Gemeinderats ist im Sommer 2012 zu rechnen.

Im Anschluss an die Entscheide der politischen Gremien erfolgt eine Information an die Standortgemeinden und Kläranlagenbetreiber.

5 Anhang

5.1 Containerkonzept

Ein wichtiger Bestandteil der Transportlogistik ist das Containerkonzept. Zur Definition des Transportmodells und zur Abschätzung der Transportkosten wurde ein einheitlicher Container für alle Transporte definiert. Dieser ist die Grundlage für die Optimierung der Transporte und eine Empfehlung an die ARA Betreiber. Langfristiges Ziel ist die Verwendung nur eines möglichst grossen Containerformats.

**Einheitlicher Container
für Transportmodell**

Durch ein einheitliches Containerkonzept können die Prozesse beim Entleeren durch Anpassen der Anlagen optimiert werden. Zusätzlich ermöglicht ein einheitliches Konzept die Vergabe der Transporte und die Verwendung von Wechselbindesystemen in Zweckverbänden. Dies führt zur Reduktion des Handlings und der Nebenzeiten pro Fahrt.

**Reduktion von Handling
und Nebenzeiten**

Je grösser die Gebinde sind, umso geringer wird die Anzahl Fahrten. Dies hat ökologische und ökonomische Vorteile. Die gesamthaft anfallende Fahrzeit und die zurückgelegten Kilometer verringern sich. Ebenso verringert sich das Handling des Gebindes, da dieses weniger oft anfällt (1 Mal pro Fahrt).

**Möglichst grosse
Gebinde**

Das Handling der Container beinhaltet verschiedene Punkte.

- Sammeln/Stapeln des Schlamms
- Befüllen der Container
- Be- und Umladen der Fahrzeuge
- Transport
- Abladen/Entleeren der Container
- Reinigen

Empfohlen wird ein Abrollcontainer mit 30 m³ (Tabelle 1). Dieser kann ohne Zusatzhandling mit 20 Tonnen entwässertem Schlamm befüllt werden (20 Tonnen mit einer Dichte von 0.8 t/m³ ergeben 25 m³ Schlamm. Bei 80 % Füllgrad aufgrund der Kegelbildung, ergeben sich 31.25 m³ Containervolumen).

**Empfehlung:
Abrollcontainer 30 m³**

Tabelle 1: Mögliche Standardmasse von Abrollcontainer

L (mm)	B (mm)	H (mm)	Volumen (m3)	Gewicht (kg)
5500	2300	2250	28.4	2718
5750	2300	2250	29.7	2804
6000	2300	2250	31	2890



Investitionen

Die Investitionen in grössere Gebinde zahlen sich, abhängig von der aktuellen Gebindegrösse, der anfallenden KS-Menge und den Transportdistanzen, in vielen Fällen schnell aus. Eine Investition wäre für jede ARA einzeln zu prüfen. Neben den Kosten für neue Gebinde sind auch allfällige Investitionen in die Infrastruktur der ARA und die Kosten für den Transport der grösseren Gebinde durch Spezialfahrzeuge zu beachten.

Bei der Ausstattung der Container ist insbesondere auf folgende Punkte zu achten:

- Innenbeschichtung: Eine geeignete Beschichtung dient dem kompletten Abkippen und Leeren des Klärschlammes ohne manuelles Nachhelfen. Zusätzlich benötigen die Container einen Korrosionsschutz.
- Leerung: Da die Abladestelle im Werdhölzli als Fallgrube geplant ist, sollte die Leerung durch Pendelladen und nicht durch Flügeltüren erfolgen.
- Form: Durch abgeschrägte Ecken zwischen Boden und Wänden des Containers wird ein Absetzen des Schlammes vermieden.
- Abdeckung: Eine Abdeckung der Container vermeidet Geruchsemissionen und schützt vor Regen. Für die Abdeckung bestehen drei Möglichkeiten: eine einfache Plane, ein Metallgerüst mit Plane oder ein Metalldeckel.

**Ausstattung der
Container – wichtige
Information an die ARA**

Es existieren viele Hersteller von Abrollcontainern, die in der Lage sind, Spezialmasse herzustellen und kundenspezifische Anforderungen umzusetzen.

Spezialmasse

Für den Transport wird von einem 5-Achs-Fahrzeug ausgegangen (Abbildung 9). Zum Aufladen, Abladen und Entleeren der Container wird zusätzlich ein Abroll- und Hubhaken benötigt. Die Nutzlast eines Fahrzeugs dieses Typs beträgt ca. 24 Tonnen. Ein Abrollcontainer der empfohlenen Grösse wiegt ca. 3 Tonnen. Pro Fahrt können somit maximal 21 Tonnen Klärschlamm beladen werden.

Transportfahrzeug



Abbildung 9: 5-Achs-Fahrzeug mit Abroll- und Hubhaken

5.2 Bahntransport und regionale Sammelpunkte

Zu Beginn des Projekts wurden die Möglichkeiten einer Verlagerung des Transports auf die Bahn und die Einrichtung regionaler Sammelpunkte untersucht.

Beide Konzepte haben sich aufgrund der kurzen Transportdistanzen als ökologisch und ökonomisch weniger sinnvoll erwiesen. (Vergleichbare Studien sind im Bereich Abfall erstellt worden.)

Kurze Distanzen

5.2.1 Bahntransport

Keine der ARA verfügt über ein Anschlussgleis. Der Bahntransport kann nur im kombinierten Verkehr abgewickelt werden. Dies bedeutet, dass im Vor- und Nachlauf zur Bahn ein LKW zum Einsatz kommt (Abbildung 10).

Kombinierter Verkehr

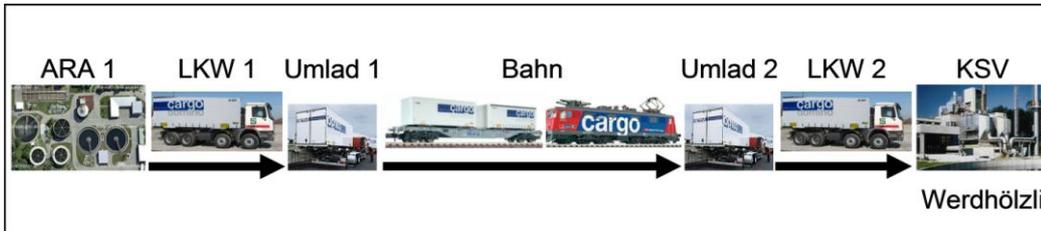


Abbildung 10: Kombiniertes Verkehr

Die Anzahl Bedienpunkte der Bahn ist mit ca. 25 Stück im Kanton Zürich relativ gering. Nur bei einigen ARA befindet sich ein Bedienpunkt in unmittelbarer Nähe. In der Konsequenz nehmen die zurückgelegten Tonnenkilometer mit dem LKW nur geringfügig ab.

Wenige Bedienpunkte der Bahn

Die Kosten für den kombinierten Verkehr sind jedoch wesentlich höher. Alleine der Bahntransport (Standgebühren, Wagenmiete etc.) übersteigt bei den überwiegend kurzen Distanzen die Kosten eines LKW Transports. Hinzu kommt der Vor- und Nachlauf mit zweimaligem Umladen. Tabelle 2 zeigt eine Kostenschätzung am Beispiel Winterthur.

Hohe Kosten

Tabelle 2: Kostenvergleich Bahn und LKW (in CHF/Tonne TS)

	Bahn Ideal (nicht vorhanden)	Winterthur - Werdhölzli	
		Bahn Kombi Maxi	LKW direkt
LKW zum Bedienpunkt		48	
Bahntransport	102	102	
LKW zum Werdhölzli		48	78
Total CHF pro Tonne TS	102	198	78

Da der Transport von Klärschlamm nicht in Wechselbehältern stattfinden kann, müsste zusätzlich die Rückführung der Container organisiert werden.

Ausserdem nimmt die Flexibilität für die Anlieferung des Klärschlammes aufgrund eingeschränkter Bedienzeiten der Verladestellen stark ab. Dies führt für die ARA und die KSV zu erhöhtem administrativen Aufwand.

Geringe Flexibilität

5.2.2 Regionale Sammelpunkte

Die meisten ARA bei denen Kleinmengen anfallen und eine regionale Bündelung in Frage kommt, liefern ihren Schlamm bereits an eine andere Anlage zur Faulung oder Entwässerung. Diese Auslagerung beruht auf individuellen Optimierungsentscheidungen der ARA (siehe auch 2.1 Grundlagen und Rahmenbedingungen).

Individuelle Optimierung

Bei einer zusätzlichen Bündelung an regionalen Sammelpunkten ergeben sich dieselben Effekte für zurückgelegte Tonnenkilometer und Kosten wie beim kombinierten Verkehr. Da die Lagerung des entwässerten, stabilisierten (Faul-) Schlammes zeitlich nicht begrenzt ist, kann mit dem Transport solange gewartet werden, bis ein Container gefüllt ist. Bei ARA, die aufgrund von Platzverhältnissen oder anderer Einschränkungen nicht auf grössere Gebinde wechseln können, muss die Option des Umladens individuell abgeklärt werden (siehe auch 3.2 Vor-Ort-Begehungen).

**Mehr Tonnenkilometer
und höhere Kosten**

5.3 Weitere Varianten

Während des Projekts wurde eine Vielzahl von Varianten diskutiert. Der folgende Abschnitt beschreibt das Vorgehen in der Variantenbildung und geht kurz auf die näher betrachteten Varianten ein.

Variantenbildung

Grundlagen jeder Variante bilden die Transportkosten und wie diese verglichen werden. Dazu wurden die folgenden zwei Punkte variiert:

- Kostenmodell (siehe 5.4 Tarife für Kostenmodelle)
- Bemessungsgrundlage für den Transportaufwand

Die **Bemessungsgrundlage** bildet die Basis für den Vergleich des Transportaufwands unter den ARA. Untersucht wurde der Aufwand pro Tonne (CHF/t), pro Tonnenkilometer (CHF/tkm) und pro Distanz (CHF/km). Die Transportkosten pro Tonnenkilometer nehmen bei grösserem Transportgewicht und längerer Transportdistanz ab (siehe Abbildung 11). Etwas abgeschwächt tritt derselbe Effekt auch bei den Transportkosten pro Distanz auf. Ein Ausgleich auf dieser Grundlage führt zu weiteren Begünstigungen für ARA mit ohnehin kurzer Transportdistanz und hat sich als nicht tauglich herausgestellt, weshalb der Aufwand pro Tonne ausgewählt wurde.

**Vergleich
Transportaufwand**

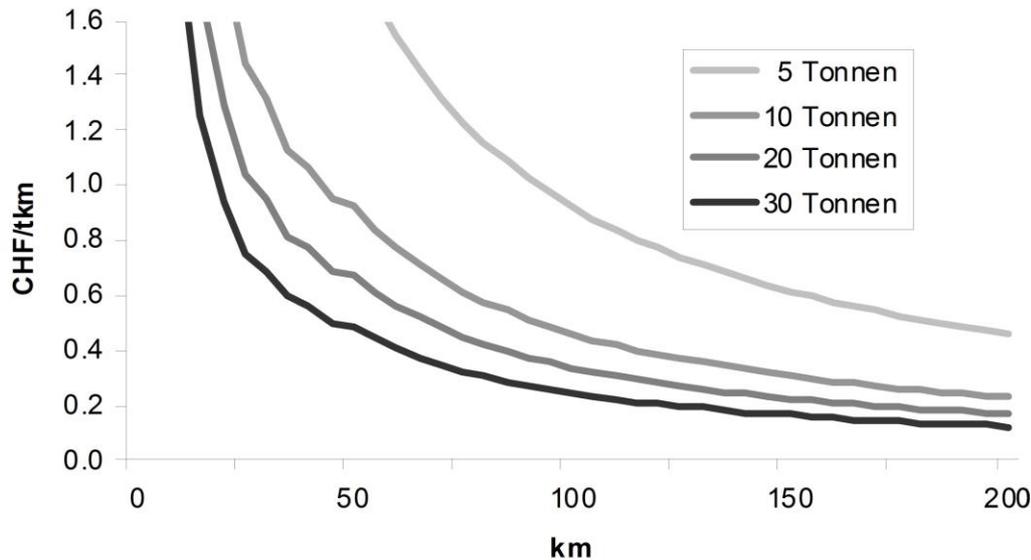


Abbildung 11: Transportkosten pro Tonnenkilometer in Abhängigkeit von Distanz und Gewicht

Die auf dieser Grundlage betrachteten Varianten unterscheiden sich hauptsächlich in drei Punkten:

- die ausgleichsberechtigten Transportkosten
- der Ausgleichsmechanismus
- die zur Verfügung stehenden Mittel im Ausgleichsfonds

Zur Bestimmung der **ausgleichsberechtigten Transportkosten** wurden nur die Transportkosten im optimalen Modell betrachtet. ARA spezifische Mehrkosten können zum Beispiel aufgrund von kleineren Gebinden oder tieferen Anteil an Trockensubstanz vorkommen. Die Transportkosten im optimalen Modell bestehen aus den Sockelkosten (für jede ARA gleich) und den Wegekosten.

Für die Bestimmung der ausgleichsberechtigten Transportkosten bestehen so grundlegend noch vier Möglichkeiten (siehe Abbildung 12):

1. Die Unterschiede zwischen den ARA werden betrachtet oder eine ARA wird als Referenz gesetzt.
2. Die Kosten über einem bestimmten Schwellenwert werden berücksichtigt.
3. Die nicht beeinflussbaren Kosten werden berücksichtigt.
4. Die gesamten Kosten werden berücksichtigt.

Kosten im optimalen Modell und ausgleichsberechtigte Kosten

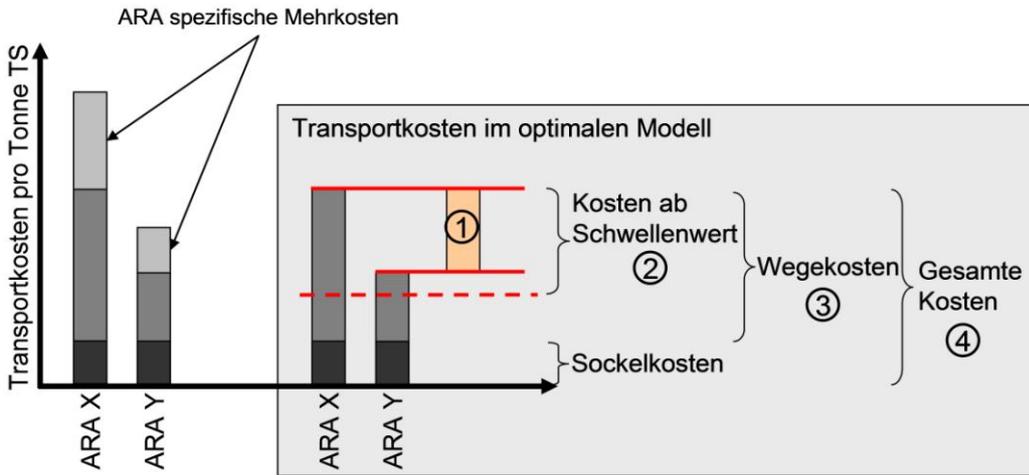


Abbildung 12: Ausgleichsberechtigte Kosten

Unter Ausgleichsmechanismus wird verstanden, mit welcher Methode der tatsächliche Ausgleich berechnet wird. Der Ausgleich kann kleiner als die zuvor ermittelten ausgleichsberechtigten Kosten sein. Dieser zusätzliche Schritt ist notwendig, da die zur Verfügung stehenden Mittel begrenzt sind.

Berechnung des Ausgleichs

Die zur Verfügung stehenden Mittel im Ausgleichsfonds können durch einen Beitrag aller ARA erhöht werden (siehe Abbildung 13). Die zur Verfügung stehenden Mittel belaufen sich somit zwischen CHF 250'000 und CHF 750'000. Bei CHF 250'000 ist nur der Beitrag von ERZ vorhanden (vorbehältlich der politischen Freigabe). Bei CHF 750'000 bezahlen alle ARA analog zu ERZ CHF 25 pro Tonne TS in den Ausgleichsfonds. Die Auswirkungen eines solchen Solidaritätsbeitrags wurden für alle Varianten geprüft.

Verfügbare Mittel

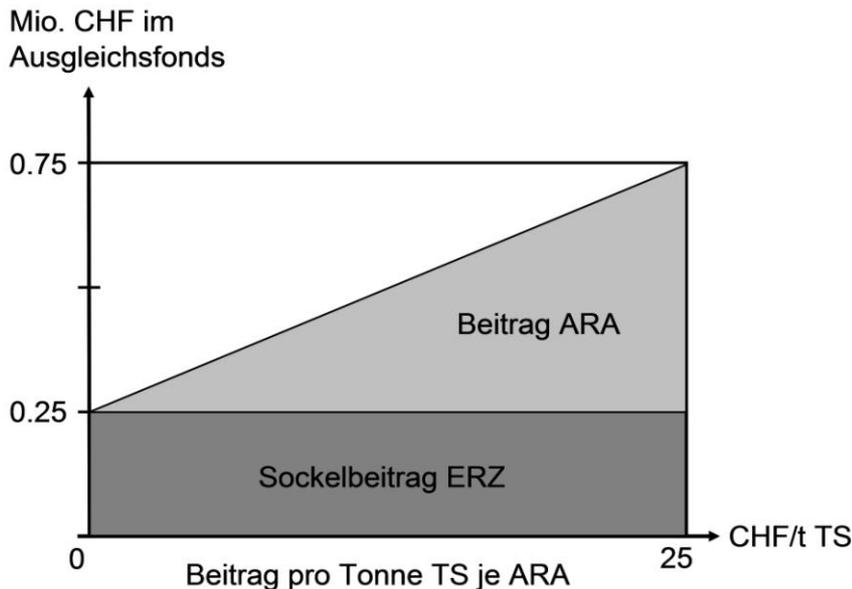


Abbildung 13: Zur Verfügung stehende Mittel

5.3.1 Ausgleich auf den Wert des minimalen Aufwands

Die ARA mit dem geringsten Transportaufwand wird als Referenz gesetzt. Alle Transportkosten, welche diesen Wert übersteigen, sind ausgleichsberechtigt. Die Höhe des Ausgleichs ist proportional zu den ausgleichsberechtigten Kosten.

Ein Nachteil dieser Variante ist die Abhängigkeit des Ausgleichs von den Transportkosten einer ARA. Zudem erhalten alle anderen ARA ausser dieser einen Ausgleich.

5.3.2 Ausgleich auf die Sockelkosten

Ausgleichsberechtigt sind die Wegekosten. Die Höhe des Ausgleichs ist proportional zu den ausgleichsberechtigten Kosten. Ziel ist der Ausgleich auf die Sockelkosten.

Bei dieser Variante erhalten alle ARA einen Ausgleich. Da die ausgleichsberechtigten Kosten aller ARA relativ hoch sind, werden die Unterschiede nur geringfügig ausgeglichen.

5.3.3 Ausgleich auf einen Plafond

Ausgleichsberechtigt sind die gesamten Transportkosten. Ausgeglichen werden die Unterschiede zwischen den ARA. Die Unterschiede werden so ausgeglichen, dass möglichst viele ARA die gleichen Transportkosten haben. Begonnen wird mit den ARA mit den höchsten Transportkosten.

Diese Variante wurde ausgewählt und ist im Hauptteil beschrieben (siehe 2.6 Konkrete Ausprägung der gewählten Variante).

5.3.4 Ausgleich nach Entfernung der ARA zum Werdhölzli

Die Höhe des Ausgleichs ist proportional zur Entfernung zwischen ARA und Werdhölzli. Die Entfernung kann entweder über die Luftlinie oder die Strassenkilometer gemessen werden.

Der Ausgleich kann pro Tonne TS oder pro ARA erfolgen.

Bei einem Ausgleich pro ARA erhält eine ARA mit doppelter Entfernung den doppelten jährlichen Ausgleich. Die Höhe des Ausgleichs darf die jährlich anfallenden Wegekosten oder die gesamten Transportkosten der ARA nicht übersteigen.

Bei einem Ausgleich pro Tonne TS erhält eine ARA mit doppelter Entfernung den doppelten Ausgleich pro Tonne TS.

Da die Entfernung nicht den wirklich anfallenden Transportkosten entspricht, wurden diese Varianten verworfen.

5.3.5 Ausgleich nach jährlich anfallender Fahrzeit

Die jährliche Fahrzeit einer ARA setzt sich aus den Anzahl Fahrten multipliziert mit der Fahrzeit von ARA – Werdhölzli – ARA zusammen. Da im ausgewählten Kostenmodell (5.4.1 Zeittarif) diese Fahrzeit die jährlichen Wegekosten ausmacht, entspricht das Ergebnis demjenigen der Variante Ausgleich auf die Sockelkosten.

5.3.6 Ausgleich nach jährlich anfallenden Tonnenkilometern

Es wird ein Ausgleich pro Tonnenkilometer ausbezahlt. Der Ausgleich pro Tonnenkilometer wird so gewählt, dass die zur Verfügung stehenden Mittel aufgebraucht werden. Bei dieser Variante werden sämtliche Transporte im gleichen Mass günstiger. Die Unterschiede in den Transportkosten werden nicht ausgeglichen.

5.3.7 Ausgleich nach jährlich anfallender Fahrdistanz

Der jährliche Ausgleich ist proportional zur jährlich zurückgelegten Fahrdistanz einer ARA. Da im Transportmodell eine einheitliche Gebindegrösse angenommen wurde, entspricht diese Variante dem Ausgleich nach jährlich anfallenden Tonnenkilometer.

5.4 Tarife für Kostenmodelle

Es wurden verschiedene Modelle diskutiert und auf ihre Eignung geprüft. Alle unten genannten Modelle sind branchenüblich und werden situationsbedingt angewendet. Das Kostenmodell mit der Anwendung des Zeittarifs wurde im Verlauf des Projekts ausgewählt und in der im Bericht vorgestellten Lösung angewendet.

Anwendung Zeittarif

Für die Fahrzeiten zwischen den einzelnen ARA und dem Werdhölzli wurde auf das Verkehrsmodell des Kanton Zürich (Studie Jenni + Gottardi für die Standortstudien) und bei fehlenden Angaben auf einen Routenplaner (Google) zurückgegriffen.

**Fahrzeiten und
Kostensätze**

In den Kalkulationsgrundlagen von ASTAG werden für Standardfahrzeuge folgende Zeitkostensätze empfohlen:

- Lieferwagen CHF 141 pro Stunde
- Lastwagen CHF 195 pro Stunde
- Lastzug/Sattelzug CHF 249 pro Stunde

Für Fahrzeuge mit Abroll- und Hubhaken gibt es keinen einheitlichen Kostensatz, da sich die Fahrzeuge und deren Verwendung von Fall zu Fall stark unterscheiden. Da es sich um Spezialfahrzeuge handelt, welche in den meisten Fällen nicht voll ausgelastet sind, wurde ein hoher Kostensatz von CHF 250 pro Stunde angenommen.

Spezialfahrzeug

Zur Ermittlung der Distanzen zwischen der ARA und dem Werdhölzli und der Frachtkostensätze wurde das Kalkulationsprogramm des Schweizerischen Nutzfahrzeugverbands (ASTAG) benutzt. Die Kalkulation basiert auf dem aktuellen Distanzwerk. Da es sich bei den Angaben nur um Empfehlungen des Verbandes handelt, wurde ein Rabatt auf Frachtkostensätze von 35 % eingerechnet.

**Distanz und
Frachtkostensätze**

5.4.1 Zeittarif

Bei der Anwendung des Zeittarifs wird die Zeit, welche der Chauffeur zur Abwicklung des Auftrags benötigt, als Grundlage zur Kostenkalkulation verwendet. Dieses Kostenmodell wird vor allem für Transporte im Ortsrayon, auf kürzeren Distanzen und bei langen Lade- und Abladezeiten angewendet. Das Modell

**Kalkulation nach
benötigter Zeit**

wurde ausgewählt und angewendet (siehe Kapitel 2.3 Kostenmodell), da sich keine distanzabhängigen Preissprünge bilden und die Verkehrssituation in die Kostenkalkulation miteinbezogen wird.

5.4.2 Distanztarif

Die Transportkosten sind abhängig von der Entfernung zwischen ARA und Werdhölzli und dem Frachtgewicht (Abbildung 14). Kurze Distanzen im Ortsrayon (30 km) werden nicht aufgelöst. Bei Distanzen über 30 km enthält der Frachtkostensatz alle 10 Kilometer Sprünge. Diese können zu stark abweichenden Bewertungen für benachbarte ARA führen.

**Kalkulation nach Distanz
und Frachtgewicht**

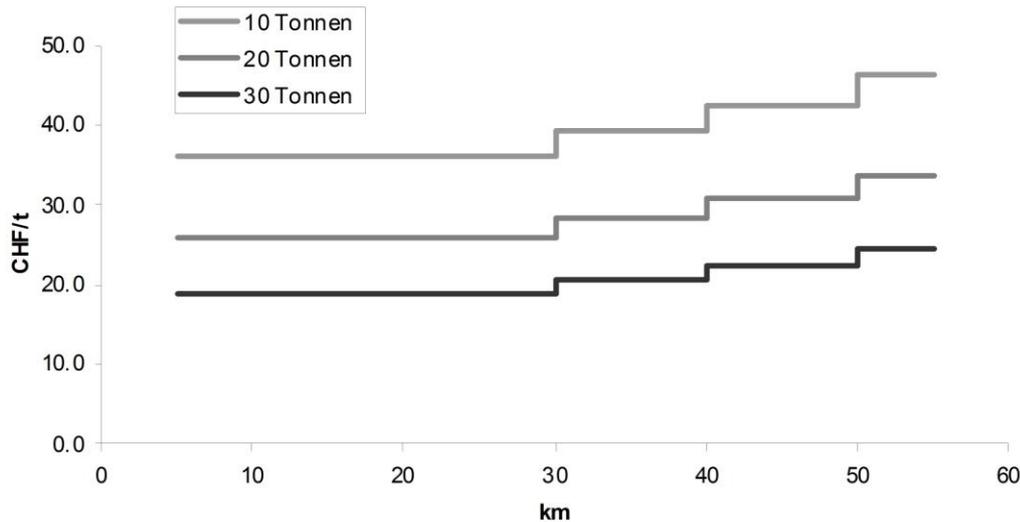


Abbildung 14: Distanztarif

5.4.3 Gemischter Tarif

Um die fehlende Auflösung bei kurzen Distanzen zu umgehen, können die Transporte bis zu einer gewissen Distanz nach Zeit abgerechnet werden (Abbildung 15). Die Kosten nehmen bis zu einer bestimmten Distanz ungefähr linear zu. Bei diesem Modell besteht das Problem in der unterschiedlichen Betrachtung der ARA. Je nach Verkehrssituation und Lage kann entweder die Berechnung nach Zeit oder die Berechnung nach Distanz für eine ARA von Vorteil sein.

**Zeittarif für kurze
Strecken,
Distanztarif für längere**

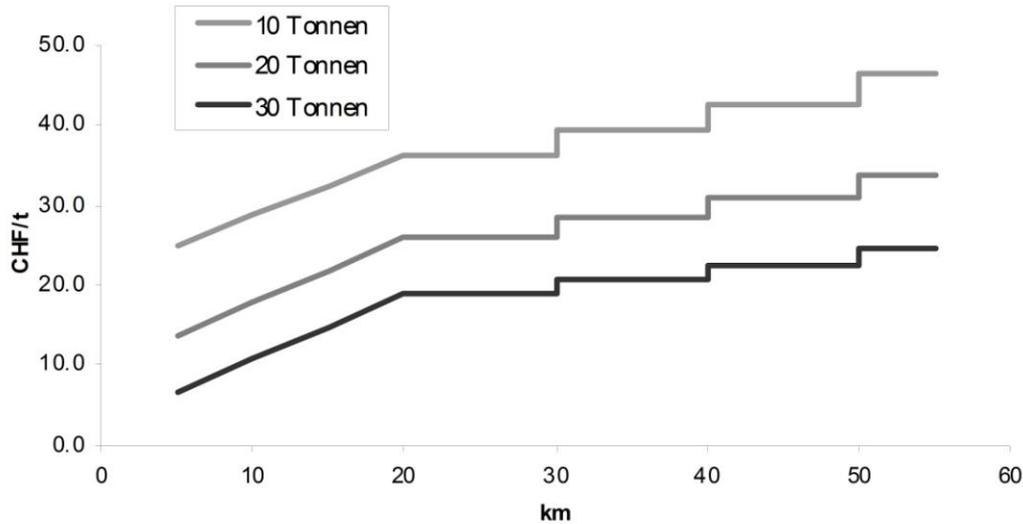


Abbildung 15: Gemischter Tarif

5.4.4 Containertarif

Der Transport von Frachtcontainern wird nur distanzabhängig und unabhängig vom Frachtgewicht kalkuliert. Obwohl beim idealen Transportmodell nur volle Gebinde transportiert werden, handelt es sich beim Klärschlammtransport nicht um Frachtcontainer. Deshalb wird hier nicht weiter auf dieses Modell eingegangen.

Kalkulation nach Distanz